

- 1.Абрамович Г.Н. К расчету воздушного сопротивления поезда на открытой трассе и в тоннеле // Труды ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского. – 1939. – Вып. 400. – 32 с.
- 2.Радченко В.Д. Сопротивление движению вагонов метрополитена. – М.: Недра, 1957. – 70 с.
- 3.Цодиков В.Я. Вентиляция и теплоснабжение метрополитенов. – М.: Недра, 1975. – 313 с.
- 4.Цодиков В.Я. Взаимодействие системы тоннельной вентиляции и поршневого эффекта движущихся в метрополитене поездов // Транспортное строительство. – 1974. – №5. – С.47-49.
- 5.Хэммитт А. Аэродинамика системы вагон-туннель // Ракетная техника и космонавтика. – 1972. – Т.10, №3. – С.56-67.

Получено 09.11.2011

УДК 691.3

С.М.ЗОЛОТОВ, канд. техн. наук, КАНААН АЛИ

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ АНКЕРНЫХ КРЕПЕЖЕЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Приведен обзор результатов экспериментальных и численных зарубежных исследований стальных анкеров установленных в тяжелый бетон или в бетон в процессе изготовления бетонных конструкций.

Наведено огляд результатів експериментальних та чисельних закордонних досліджень сталених анкерів встановлених у важкий бетон або у бетон в процесі виготовлення бетонних конструкцій.

The review of results of experimental and foreign researches of steel anchors is resulted set in a heavy concrete or in a concrete in the process of making of concrete constructions.

Ключевые слова: анкер, анкерные крепления, бетон, прочность, деформативность.

Развитие и совершенствование анкерного крепежа неразрывно связано с фасадным строительством. В Европе появление анкерного крепежа и начало работ по исследованиям в этой области относятся к середине 40-х (фирма «HILTI») и к началу 50-х (фирма «FISCHER») годов XX ст., в Украине широкое распространение анкерного крепежа и начало исследовательских работ относится, в основном, к середине 90-х годов XX ст.

В СССР исследования в области анкерования конструкций (в основном закладных деталей) в монолитный железобетон связаны с оценкой совместной работы арматуры с бетоном при действии на арматурный стержень через закладную деталь продольных и поперечных относительно его оси усилий.

Результаты исследований Г.И. Шапира, В.И. Ягуста, И.И. Весника [1, 2] позволили разработать методику расчета прочности анкерования деталей при подъеме внутренних стеновых панелей, а также методику

расчета закладных деталей узлов сопряжения конструкций.

Развитие анкерной техники в Европе сопровождалось значительным объемом экспериментально-теоретических исследований в области анкерного крепежа и, как следствие этого, появлением и совершенствованием нормативной базы в этой области.

R. Ballarini, S.P. Shah, L.M. Keer [3] подробно проанализировали численно-аналитические исследования по анкерному крепежу. В продолжение этой работы R. Eligehausen, J. Ozbolt издали научный труд [4], в котором описаны исследования работы стальных анкеров на вырыв из бетонных конструкций.

Первые теоретические исследования работы анкеров относились к оценке их несущей способности при установке в железобетонные стены. При этом бетон рассматривался как упругий материал как в области сжатия, так и растяжения. Однако, уже в работе R. Eligehausen и Pusill-Wachsmuth [5] вводится допущение, что главные сжимающие и растягивающие напряжения в бетоне, возникающие на контакте «анкер-бетон» при эксплуатационных нагрузках, значительно выше, чем расчетные характеристики бетона при одноосном сжатии и растяжении. Как отмечается в [5] причиной этого является то, что «... при относительно маленькой площадке передачи нагрузки с анкера на бетон имеет место высокий градиент деформаций и напряжений, а это, в свою очередь, ведет к образованию микротрещин в бетоне».

Eligehausen R. и Clausnitzer W. [6] провели численные исследования работы распорных стальных анкеров, установленных в бетонные конструкции, с помощью метода конечных элементов. В расчетной модели принималась нелинейная работа бетона с трещинами, имевшими место в бетоне по всей длине образца. В расчете учтена работа бетона при растяжении, а также проанализировано влияние размеров конечного элемента и количества ступеней нагрузки на величину предельной нагрузки на анкер. На рис.1 приведены кривые «нагрузка-перемещения» для распорных анкеров с глубиной заделки анкера 80 мм при действии усилий, направленных вдоль оси анкера.

При расчете в процессе нагружения анкера корректировался модуль упругости бетона при растяжении, все остальные характеристики оставались неизменными. Конусообразное разрушение бетона имело место в обоих случаях: при проведении натурных испытаний и в случае расчета. Полученные из расчета перемещения были меньше, чем измеренные в ходе проведения испытаний (рис.1). Это, вероятно, обусловлено тем, что анкер проскальзывает в просверленном отверстии.

В своих исследованиях Z.P. Bazant и I. Ozbolt [4] провели численные исследования работы так называемых headed studs анкеров (анкеров

с уширенной головкой, закрепленной в теле бетона рис.2) при растяжении с глубиной установки 130 мм и диаметром 22 мм, установленных в бетонные блоки. Для бетона была принята модель, описанная в работе Z.P. Bazant и J. Ozbolt [7]. Данная модель позволяет достаточно точно описать работу бетона при его различных напряженных состояниях. На рис.2 приведена полученная из расчета зависимость «нагрузка-перемещение». Кривая, полученная R. Eligehausen, R. Malle и I. Silva в [8], сопоставима с кривой, представленной на рис. 2. Предельные нагрузки, полученные из опыта и на основе теоретических исследований, хорошо согласуются между собой. При этом измеренные перемещения анкера при разрушении опытного образца значительно больше, полученных теоретическим путем.

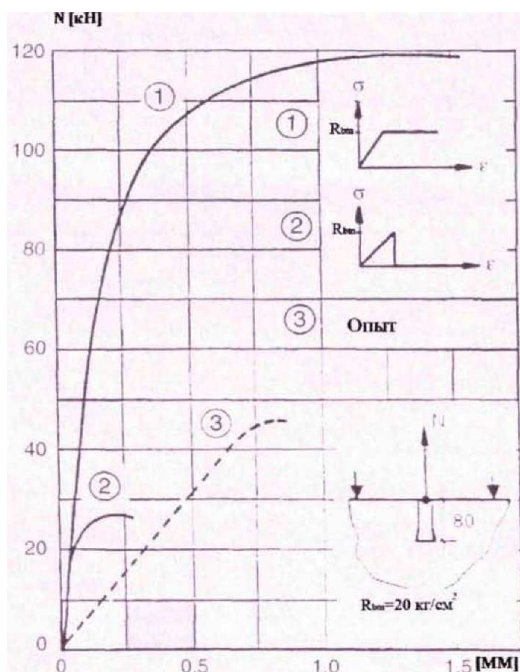


Рис.1 – Кривые «нагрузка-перемещение» для анкера при растяжении, полученные по результатам численного анализа (кривые 1,2) и натуральных испытаний (кривая 3)

Наибольший практический интерес представляют экспериментальные работы исследователей фирмы «FISCHER» [9]. В работе [9] установлена связь между глубиной анкеровки и уровнем нагрузки, при которой происходит отказ анкера, т.е. его вырыв. Относительно усилий, дей-

ствующих поперек продольной оси анкера (срез), установлено, что влияние глубины анкеровки при поперечных нагрузках проявляется косвенно, только через прочность анкера на срез.

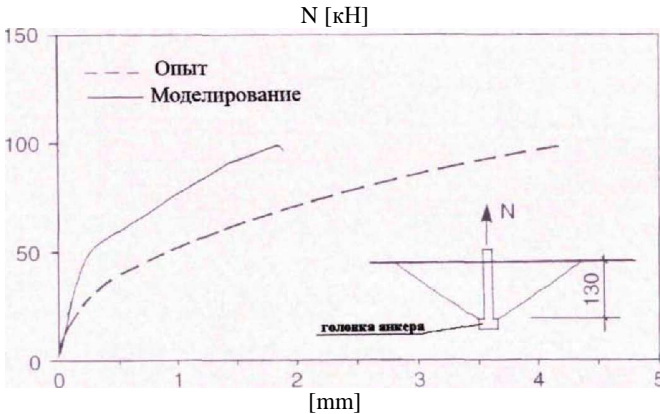


Рис.2 – Зависимость «нагрузка-перемещение» для анкеров с головкой, полученная численным методом и по результатам испытаний

В работах [10, 11] исследовано влияние расположения анкеров относительно края материала стен на прочность и деформативность анкерного узла. Установлено, что для анкеров, с нормируемыми по Техническому справочнику [13] расстояниями их от краев, равновесие между внешними и внутренними силами обеспечивается кольцевыми растягивающими напряжениями. Это означает, что напряжения в бетоне имеют радиальную симметрию относительно анкера (рис.3). Уменьшение расстояния от краев изменяет радиальную симметрию распределения напряжений и, таким образом, приводит к уменьшению предельной разрушающей нагрузки при установке анкера в бетонное основание (рис.3). Оба эффекта – усечение вырываемого конуса и неравномерное распределение напряжений – накладываются друг на друга.

При нагружении анкерного узла по контакту «анкер-основание» возникают растягивающие напряжения. Образование трещин в бетонном элементе, с большей долей вероятности, может привести к тому, что трещины будут примыкать к анкеру, либо тангенциально касаться его. Данный вопрос был исследован в работе [12]. Испытания проводились на образцах из бетона толщиной 250 мм, армированных отдельными стержнями или арматурной сеткой. Нагружение бетонных образцов осуществлялось шаговым методом до тех пор, пока не достигалась величина их расчетной нагрузки. При нагрузках, составляющих 40% от

допустимой нагрузки, в бетоне появлялись изгибные трещины. При допустимой нагрузке почти около всех анкеров по контакту «анкер-основание» появлялись трещины независимо от расстояний между анкерами и расстояний от анкера до арматуры, а также вида нагрузки. Трещины проходили непосредственно через зону анкерного крепления.

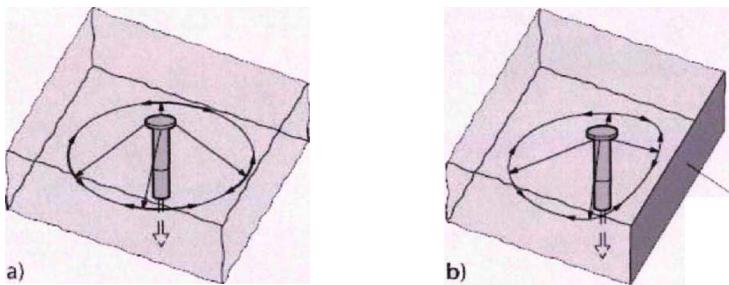


Рис.3 Распределение усилий в зоне расположения анкера под действием осевого растяжения

Как видно из приведенного выше обзора, результаты экспериментальных зарубежных исследований относятся, в основном, либо к стальным анкерам, установленным в тяжелый бетон, либо это – стальные анкера (арматура), установленные в бетон в процессе изготовления бетонных конструкций. Исследования же работы анкерного крепежа с учетом особенностей механизма его анкеровки в материал основания (распорные, химические анкера, анкеровка формой) и монтажа анкеров, а также изменения прочностных характеристик материала основания в процессе эксплуатации сооружения при установке анкеров в легкие, ячеистобетонные и кирпичные основания не проводились, что является предметом дальнейших исследований.

1. Ягуст В.И. Прочность анкеровки стержня с крюком на конце во внутренней стеновой панели при ее подъеме и монтаже // В.И. Ягуст, Г.И. Шапиро, О.М. Крохмаль // Прочность конструкций: сб. – М.: ГОСИНТИ, 1976. – С.34-56.

2. Весник И.И. Деформативность узлов сопряжений конструкций покрытий одноэтажных промышленных зданий / И.И. Весник // НИИЖБ. – М.: ГОССТРОЙ СССР, 1975. – 215 с.

3. Ballarini R., Shal S.P., Keer L.M. Failure characteristics of short anchor bolts embedded in brittle material // Proceedings Royal Society. – London, A 404, 1986. – S.35-54.

4. Ozbolt, J; Eligehausen R. Numerical Analysis of headed studs embedded in large plain concrete blocks, In: Bicanic, N.; Mang, and Design of Concrete Structures. Pineridge Press, London, 1990». – 198 p.

5. Элингенхаузен Р., Пузиль Вахтмус П. Технологии крепления в конструкции из армированного бетона // Отчет IV ВН. – Периодическое издание IV ВН. – 1/1982. – С.17-19.

6.Eligehausen R., Claysnitzer W. Analytisches Modell zur Beshreibung des Tragverhalten, Report № 4/1-83/3 // Institut fuhr Werkstoffe im Baum Wesen. – Universität Stuttgart, 1983.

7.Bazant Z.P., Ozbolt J. Nonlocal Microplane Model for Fracture. Damage and size Effect in Structures // Journal of Engineering Mechanics Asce. – v. 116. – № 11. – 1990.

8.Eligehausen R., Malle R., Silva J. Ancorage in concrete construction, Ernst&Sohn, Berlin, 2006. – 75 p.

9.Бензимхон Дж. Исследование характеристик анкерных болтов в зоне растяжения бетона и в зонах с трещинами // Дж. Бензимхон, М. Комбетт // Отчет научно-технического строительного центра. – Париж, 1989. – 198 с.

10.ET AG № 001. GUIDELINE FOR EUROPEAN TECHNICAL APPRO VAL OF METAL ANCHORS FOR USE IN CONCRETE, BRÜSSELS, 1997.

11.Eligehausen R., Hoehler M. Testing of post-installed fastenings to concrete structures in sesmic regions // Conference Proceedings of the fib Sumposuum on Concrete Structures in sesmic Region. – Athens, Creece, 2003. – PP.37-42.

12.Рекомендации по проектированию навесных фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором для нового строительства и реконструкции зданий. – М.: Москомархитектура, 2002. – 97 с.

13.Технический справочник. – 3-е изд. – Fischerwerke Artur Fischer GmbH&Co. KG, D-72178 Waldachtal, 2006. – 375 с.

Получено 11.11.2011

УДК 624.012

В.С.БАБИЧ, канд. техн. наук

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

ПРАКТИЧНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ ПРОГИНІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ЗА ДСТУ Б В.2.6-156:2010

Запропонована методика практичного розрахунку прогинів залізобетонних балок згідно нових норм проектування та розроблено алгоритм такого розрахунку. Наведено приклад визначення прогину залізобетонної балки.

Предложена методика практического расчета прогибов железобетонных балок согласно новых норм проектирования и разработан алгоритм такого расчета. Приведен пример определения прогиба железобетонной балки.

Practical technique of calculation of bends in reinforced concrete beams according to the new design standards is offered and developed algorithm of this calculation. An example of determining bending reinforced concrete beams is proposed.

Ключові слова: залізобетонні балки, прогини, розрахунок.

Основні положення проектування залізобетонних конструкцій за граничними станами другої групи передбачають визначення прогинів балок правилами будівельної механіки у залежності від осьових деформаційних (жорсткісних) характеристик залізобетонного елемента у перерізах за його довжиною. Оскільки прогини в балках, в основному, залежать від згинальних деформацій, то їх можна визначити за кривизною [1]. Ґрунтуючись на загальному виразі для деформаційних характеристик, значення кривизни балок можна визначити за формулою [2]